



(10) **DE 10 2007 011 388 B4** 2012.03.08

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 011 388.0**

(22) Anmeldetag: **07.03.2007**

(43) Offenlegungstag: **11.09.2008**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **08.03.2012**

(51) Int Cl.: **F02D 41/00** (2006.01)
F02D 41/04 (2011.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und
Verkehr, 10587, Berlin, DE**

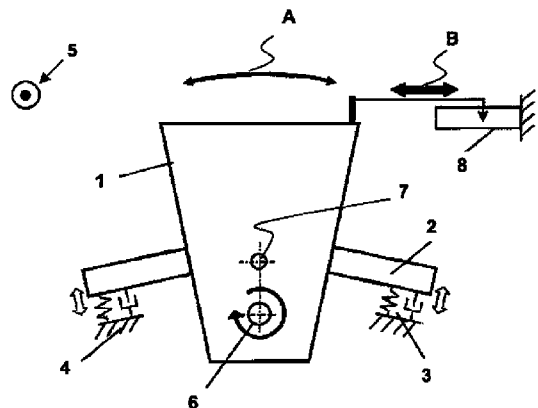
(72) Erfinder:
**Dinesen, Sven, 01159, Dresden, DE; Günther,
Michael, 09122, Chemnitz, DE; Stahr, Alexander,
09123, Chemnitz, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	35 26 409	A1
DE	102 27 386	A1
DE	103 51 047	A1
DE	10 2007 001 674	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Quantifizierung eines Verhaltens von mindestens einem Lastwechsel**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Quantifizierung des Verhaltens eines Lastwechsels eines Motors, wobei der Lastwechsel anhand von zwei Parametern beschrieben wird, wobei der erste Parameter die Agilität ist, wobei die Agilität in Abhängigkeit des Verlaufes eines gemessenen Motorweges (9), der aus einer Motorverlagerung während des Lastwechsels resultiert, (9) und eines modellierter Wunsch-Motorweges (10) bestimmt wird, wobei der zweite Parameter der Komfort ist, wobei der Komfort in Abhängigkeit des Verlaufes des gemessenen Motorweges (9) und des modellierten Wunsch-Motorweges (10) oder in Abhängigkeit des Verlaufes des gemessenen Motorweges (9) und eines modellierten Ist-Motorweges (11) bestimmt wird.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Quantifizierung eines Verhaltens von mindestens einem Lastwechsel.

Stand der Technik

[0002] In der DE 103 51 047 A1 ist ein Verfahren zum Steuern einer Antriebseinheit eines Kraftfahrzeugs offenbart. Zur Unterdrückung von Längsschwingungen eines Fahrzeugs, die aus Lastwechseln resultieren, wird ohne eine Beeinträchtigung einer Längsdynamik des Fahrzeugs als Fahrgröße neben dem Zündwinkel und der Einspritzmenge die Längsbeschleunigung des Fahrzeugs erfasst.

[0003] Das Gesamtschwingungssystem des Antriebsstrangs besteht aus einer Vielzahl von Feder-Masse-Elementen. Dadurch treten mehrere Eigenfrequenzen und dementsprechend auch unterschiedliche Eigenschwingformen auf. Immer wenn eine Erregerordnung mit einer Eigenfrequenz zusammentrifft, kann das zu erheblichen Komfortbeeinträchtigungen für die Fahrzeuginsassen führen. Diese Beeinträchtigungen können akustisch oder als Schwingungen wahrnehmbar sein. Die Grenze zwischen beiden liegt im subjektiven Empfinden des Menschen, der zwischen 1 und 10 Hertz besonders empfindlich reagiert. Für Insassen eines Fahrzeugs wird das sog. Fahrzeuggucken bei schnellen Lastwechseln wegen seiner niedrigen Frequenz (1 bis 10 Hertz) als besonders störend empfunden. Hauptursache ist dabei der schlagartige Anstieg des durch den Motor abgegebenen Drehmoments. Beim Ruckeln entstehen horizontale Schwingungen des gesamten Fahrzeugs in einer Ebene zur Fahrzeuginnenachse. Beeinflussende Größen für das Ruckelverhalten sind vor allem der Motor, Getriebe, Antriebswellen, Reifen sowie Kraftschlussbedingungen zwischen ihnen und der Fahrbahn.

[0004] Variationen des Momentenaufbaus können die Ruckelschwingungen vermindern, führen aber meistens zu einem gleichzeitigen Verlust im Beschleunigungsverhalten. Bei höherfrequenten Schwingungen über 15 Hertz nimmt die Schwingungsempfindlichkeit stark ab und es kommt nur noch zu einer akustischen Wahrnehmung, die jedoch auch das Gefühl von unsolider Verarbeitung oder einem Fahrzeugfehler bei den Insassen erzeugen kann.

[0005] Bei einer Antiruckelregelung wird der Effekt ausgenutzt, dass die Motordrehzahl aufgrund des Ruckelns ebenfalls eine Schwingung ausführt. Das Steuergerät berechnet einen Gradienten der Motordrehzahl. Überschreitet dieser Gradient einen vorgeschriebenen Wert, wird über den Zündwinkel das Motormoment sehr schnell beeinflusst. Der andere Weg, d. h. über eine Verstellung der Drosselklappe bei Fahrzeugen mit einem elektronischen Gaspedal das Motormoment zu ändern, ist dafür zu langsam. Gründe sind die nicht zu vermeidende Totzeit im Übertragungsverhalten der Regelstrecke Fahrpedal-Drosselklappe sowie der Zeitraum für die Beschleunigung der trägen Luftsäule im Ansaugkanal.

[0006] Ein großer Nachteil der Antiruckelregelung ist, dass erst in dem Augenblick eingegriffen werden kann, in dem die Motordrehzahl gemessen und ausgewertet wurde. Der Schwellenwert des Drehzahlgradienten zur Aktivierung der Regelung liegt aber schon in einem Bereich, in dem die Schwingung bereits angeregt ist. Durch diese Zeitverzögerung kann die Ruckelschwingung nur noch vermindert, jedoch nicht mehr vermieden werden.

[0007] Bei einer Lastschlagdämpfung verzögert sich der Momentenaufbau über einen längeren Öffnungszeitraum der Drosselklappe sowie durch Zündwinkelverstellung. Auslöser sind Schwellwerte der Wegänderung, Fahrerwunsch-Lastsprung und Betätigungsgeschwindigkeit des Fahrpedals.

[0008] Gemäß der DE 102 27 386 A1 ist ein Verfahren zum Dämpfen von Schwingungen im Antriebsstrang einer Antriebsmaschine vorbekannt. Hierbei erfolgt ein Dämpfen der Schwingungen im Antriebsstrang einer Antriebsmaschine durch ein geregeltes Reduzieren der durch Laständerung in den elastischen Lagern auftretenden Motorverlagerung. Insbesondere wird für das jeweilige Fahrerwunschkraftmoment die in der elastischen Lagerung auftretende Motorverlagerung errechnet und mit einem Grenzwert für die maximale Motorverlagerung verglichen. Beim Überschreiten des Grenzwertes der maximalen Motorverlagerung erfolgt eine Wichtung der Parameter des momentanen Betriebszustandes des Motors oder/und des Fahrzeuges. Durch ändern einer oder mehrerer Betriebsparameter wird das Motormoment bis zum Unterschreiten des Grenzwertes reduziert.

[0009] Gemäß der DE 10 2007 001 674 A1 ist ein Verfahren zur Ermittlung eines Antriebsmoments eines Kraftfahrzeugs vorbekannt, wobei das Antriebsmoment aus einer ermittelten Längsbeschleunigung des Kraft-

fahrzeugs und einer ermittelten Änderung des Höhenstands an mindestens einer Achse des Kraftfahrzeugs ermittelt wird. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Auswirkungen der Kraftübertragung am Rad messtechnisch erfasst werden können. Daraus kann wiederum das Antriebsmoment des Kraftfahrzeugs ermittelt werden.

[0010] Gemäß der DE 35 26 409 A1 ist folgendes vorbekannt. Zwecks Vermeidung von ruckartigen Drehmomentänderungen bei Lastwechseln mit Änderung der Leistungsflußrichtung im Antriebsstrang wird als Kriterium dafür, ob derartige Drehmomentänderungen auftreten oder nicht, die Ableitung der jeweiligen Drehzahl der Brennkraftmaschine herangezogen und ermittelt, ob diese Drehzahländerung einen im normalen Maschinenbetrieb nicht erreichten Schwellwert erreicht oder nicht.

Aufgabe der Erfindung

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Lastwechselverhalten zu quantifizieren.

Lösung der Aufgabe

[0012] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

Vorteile der Erfindung

[0013] Die Erfindung basiert auf dem Gedanken, dass zur Quantifizierung des Lastwechselverhaltens der Motor heranzuziehen ist. Das Fahrzeug an sich, in dem der Motor gelagert ist, bleibt bei der erfindungsgemäßen Quantifizierung außer Betracht.

[0014] Eine Beurteilung des Lastwechselverhaltens eines Fahrzeugs durch den Fahrer ist subjektiv und eignet sich daher nicht für eine objektive Beurteilung. Erfindungsgemäß wird für eine objektive Beurteilung der zurückgelegte Weg eines Fahrpedals zugrundegelegt, da der Fahrer über das Fahrpedal das Moment des Motors beeinflussen möchte.

[0015] Durch eine Variation des Motormoments, welches durch die Bewegung des Fahrpedals ausgelöst wird, wird eine Schwingung des Motors erzeugt, wobei durch die Schwingung des Motors das Fahrzeug in eine Schwingung versetzt wird. Durch eine Bewegung des Fahrpedals bewegt sich der Motor in seinen Lager. Aufgrund der Trägheit des Fahrzeugs schwingt der Motor mehr als erforderlich. Bei einer Beschleunigung des Fahrzeugs schiebt sich das Fahrzeug gegen den Motor, so dass eine entgegengesetzte Schwingung des Motors größer als erforderlich ausfällt. Die Wegstrecke dieser Schwingung wird mit einem Sensor gemessen. Die gemessene Wegstrecke bildet den Motorweg.

[0016] Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass lediglich eine Messung des Motorweges, d. h. die Bewegung des Motors, und des Pedalwegs erfolgen muss, um einen Lastwechsel anhand von mindestens zwei Parameter zu quantifizieren.

[0017] Anhand des gemessenen Pedalweges wird mit einem in einem Steuergerät hinterlegten Pedalweg-Kennfeld ein zugehöriges modelliertes Wunsch-Motormoment ermittelt. Das modellierte Wunsch-Motormoment entspricht dem maximalen Moment, was vom Motor unter Idealbedingungen, beispielsweise optimaler Zündzeitpunkt bei richtigem Kraftstoff-Luft-Gemisch, In diesem Betriebspunkt bezüglich Last und Drehzahl, beispielsweise Drosselklappenstellung und Drehzahl, abgegeben werden könnte. Mit dem modellierten Wunsch-Motormoment ist demzufolge eine Korrelation von Fahrpedalstellung und einer im Steuergerät messbaren motorspezifischen Größe gegeben, die den Vergleich zwischen dem, was der Fahrer will und dem, was das Fahrzeug tatsächlich macht, ermöglicht.

[0018] Für das modellierte Wunsch-Motormoment wird ein zugehöriger modellierter Wunsch-Motorweg unter Einbeziehung der Getriebeübersetzung, der Achsgetriebeübersetzung, des Wirkungsgrades des Antriebsstrangs, des Radradius und der Steifigkeit, d. h. das Verhältnis von Antriebskraft zum stationären Motorweg, errechnet. Der modellierte Wunsch-Motorweg berechnet sich aus folgender Formel:

modellierter Wunsch-Motorweg =

$$\frac{\text{mod. Wunsch-Motormoment} * \text{Getriebeübers.} * \text{Achsgetriebeübers.} * \text{Wirkungsgrad Antriebsstrang}}{\text{Radradius} * \text{Steifigkeit}}$$

- [0019] Es ist ferner möglich, aus dem Pedalweg direkt auf den modellierten Wunsch-Motorweg zu schließen.
- [0020] Der zeitliche Verlauf des gemessenen Motorweges und des modellierten Wunsch-Motorweges werden während eines Lastwechsels miteinander verglichen und anhand der Vergleiche die Größen der Parameter bestimmt.
- [0021] Ein Parameter ist vorteilhafterweise die Agilität. Hierzu werden der zeitliche Verlauf des gemessenen Motorweges und des modellierten Wunsch-Motorweges zwischen dem Zeitpunkt des Lastwechselbeginns und mindestens dem Zeitpunkt der ersten Übereinstimmung zwischen dem gemessenen Motorweg und dem modellierten Wunsch-Motorweg herangezogen.
- [0022] Je geringer der zeitliche Abstand zwischen dem Zeitpunkt des Lastwechselbeginns und dem Zeitpunkt der ersten Übereinstimmung des gemessenen Motorweges und des modellierten Wunsch-Motorweges ist, desto agiler ist der Motor und somit das Fahrzeug.
- [0023] Für die Ermittlung des Parameters Agilität können hierfür die Schwingung des gemessenen Motorweges und der Verlauf des modellierten Wunsch-Motorweges beispielsweise durch eine Beurteilung der Flächeninhalte der absoluten Differenz der Schwingung und des Verlaufs erfolgen.
- [0024] Ein weiterer Parameter ist vorteilhafterweise der Komfort. Hierzu wird der zeitliche Verlauf des gemessenen Motorweges und des modellierten Wunsch-Motorweges zwischen dem Zeitpunkt der ersten Übereinstimmung zwischen dem Motorweg und dem modellierten Wunsch-Motorweg und dem Zeitpunkt des Lastwechselendes herangezogen.
- [0025] Die Abweichungen zwischen dem gemessenen Motorweg und dem modellierten Wunsch-Motorweg werden ins Verhältnis zu dem modellierten Wunsch-Motorweg gesetzt. Abhängig von der Gangwahl und somit von der Übersetzung des Getriebes variieren die Abweichungen zwischen dem gemessenen Motorweg und dem modellierten Wunsch-Motorweg.
- [0026] Beispielsweise sind die Abweichungen im ersten Gang größer im Vergleich zum vierten Gang. Um aus diesen Abweichungen auf den Komfort-Parameter schließen zu können, müssen diese Abweichungen in Relation zueinander gebracht werden. hierfür werden die Abweichungen zum modellierten Wunsch-Motorweg, bei dessen Berechnung die Übersetzung des Getriebes berücksichtigt wird, ins Verhältnis gebracht, so dass der Komfort-Wert des ersten Ganges mit dem Komfort-Wert des vierten Ganges vergleichbar ist.
- [0027] Je geringer die Abweichungen des gemessenen Motorweges zum modellierten Wunsch-Motorweg im Verhältnis zum modellierten Wunsch-Motorweg zwischen dem Zeitpunkt der ersten Übereinstimmung des gemessenen Motorweges und des modellierten Wunsch-Motorweges und dem Zeitpunkt des Lastwechselendes sind, desto komfortabler ist der Motor und somit das Fahrzeug.
- [0028] Für die Ermittlung des Parameters Komfort können hierfür die Schwingung des gemessenen Motorweges und der Verlauf des modellierten Wunsch-Motorweges beispielsweise durch eine Beurteilung der Flächeninhalte der absoluten Differenz der Schwingung und des Verlaufs erfolgen.
- [0029] Für die Ermittlung des Parameters Komfort kann anstelle des modellierten Wunsch-Motorweges ein modellierter Ist-Motorweg herangezogen werden.
- [0030] Der modellierte Ist-Motorweg wird aus dem im Steuergerät hinterlegten modellierten Ist-Motormoment berechnet. Das modellierte Wunsch-Motormoment eilt dem modellierten Ist-Motormoment bei einer Pedalbetätigung immer voraus, da es eine sog. Totzeit im Übertragungsverhalten einer Regeleinrichtung für die Drosselklappensteuerung bei Fahrzeugen mit einem elektronischen Gaspedal gibt. Ein weiterer Aspekt besteht beispielsweise darin, dass nach einer Öffnung der Drosselklappe die träge Luftsäule im Ansaugkanal erst beschleunigt werden muss. Bevor das nicht geschehen ist, kann durch den zu geringen Füllstand im Zylinder des Motors das gewünschte Moment nicht erzeugt werden. Das modellierte Ist-Motormoment wird beispielsweise durch Fahrverhaltensfunktionen, wie Antiruckelregelung und Lastschlagdämpfung, beeinflusst und ist damit unabhängig von dem, was der Fahrer am Gaspedal vorgibt. Vielmehr entspricht es dem, was der Applikateur im Steuergerät vorgegeben hat.

[0031] Zudem können für eine Bestimmung des Parameters Komfort die Abweichungen zwischen dem gemessenen Motorweg und dem modellierten Wunsch-Motorweg oder zwischen dem gemessenen Motorweg und dem modellierten Ist-Motorweg ins Verhältnis zu einem maximalen Motorweg gesetzt werden.

[0032] Der maximale Motorweg kann aus dem maximalen Motormoment, welches werkseitig, d. h. vom Hersteller angegeben, oder in einem Versuch ermittelt wurde, berechnet werden.

[0033] Im Vergleich zu dem modellierten Ist-Motormoment ist das maximale Motormoment und somit der maximale Motorweg gegenüber einer ein- oder ausgeschalteten Lastschlagdämpfung oder Antiruckelregelung unabhängig. Der maximale Motorweg als Referenzgröße für eine Komfortberechnung ist daher konstant gegenüber einer ein- oder ausgeschalteten Lastschlagdämpfung oder Antiruckelregelung.

[0034] Zudem ist das modellierte Wunsch-Motormoment und somit der modellierte Wunsch-Motorweg gegenüber einer ein- oder ausgeschalteten Lastschlagdämpfung oder Antiruckelregelung unabhängig.

[0035] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Steuerung des Motors anhand der Parameter abstimmbare, so dass mit mindestens einer vorgegebenen Parametergröße der Motor entsprechend gesteuert werden kann. Beispielsweise kann hierzu die Steuerung des Motormoments während eines Lastwechsels vorgenommen werden.

[0036] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird anhand des gemessenen Motorweges das im Steuergerät hinterlegte Modell überprüft oder angepasst. Analog zu der oben aufgeführten Formel kann aus dem gemessenen Motorweg und der Kenntnis der übrigen Parameter Getriebeübersetzung, Achsgetriebeübersetzung, Wirkungsgrad des Antriebsstranges, Radradius und Steifigkeit das Motormoment wie folgt berechnet werden:

$$\text{Motormoment} = \frac{\text{gemessener Motorweg} \cdot \text{Radradius} \cdot \text{Steifigkeit}}{\text{Getriebeübersetzung} \cdot \text{Achsgetriebeübersetzung} \cdot \text{Wirkungsgrad Antriebsstrang}}$$

[0037] Das aus dem gemessenen Motorweg berechnete Motormoment wird mit dem im Steuergerät anhand eines Modells modellierten Wunsch-Motormoment oder modellierten Ist-Motormoment verglichen. Anhand des Vergleichs kann das im Steuergerät hinterlegte Modell überprüft oder angepasst werden.

[0038] Die Parameter Agilität und Komfort eignen sich für eine quantitative Beurteilung des Fahrverhaltens aufgrund ihres gegensätzlichen Verhaltens. Die Agilität ist beispielsweise das fühlbare Beschleunigungsvermögen oder das Ansprechverhalten. Der Komfort ist beispielsweise die Unterdrückung von Ruckelschwingungen. So zieht meistens eine Erhöhung oder Verbesserung der Agilität eine Verschlechterung des Komforts und umgekehrt mit sich.

[0039] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können Fahrzeuge auf diese Parameter appliziert werden und sind somit untereinander vergleichbar.

[0040] Weiterhin können neue oder bestehende Fahrverhaltensfunktionen im Steuergerät auf ihre Wirksamkeit überprüft oder Schwellwerte zur Aktivierung untersucht oder festgelegt werden. Zudem kann ein Fahrzeug gleichmäßig über den gesamten Kennfeldbereich des Motors auf die selben Fahrverhaltenskennwerte bei Lastwechsellvorgängen appliziert werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht weiterhin eine quantitative Beurteilung von verschiedensten Variationen des Momentenverlaufs.

[0041] Zudem kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Verbesserung oder Verschlechterung des Fahrverhaltens mit konkreten Zahlen belegt werden.

Zeichnungen

[0042] Es zeigen:

[0043] Fig. 1: eine Prinzipskizze einer Motorbewegung;

[0044] Fig. 2: ein Diagramm eines Lastwechsellvorgangs;

[0045] Fig. 3: einen Ausschnitt des Diagramms aus Fig. 2;

[0046] Fig. 4: einen Ausschnitt des Diagramms aus Fig. 2;

[0047] Fig. 5: einen Ausschnitt des Diagramms aus Fig. 2;

[0048] Fig. 6: einen Ausschnitt des Diagramms aus Fig. 2.

[0049] In Fig. 1 ist eine Prinzipskizze einer Motorbewegung dargestellt. Ein Motorgehäuse **1** ist mit Pendelstützen **2** und Motorlagerungen **3** in einem Fahrzeugchassis **4** gelagert. Der Motor ist längs in dem Fahrzeug eingebaut; diese Anordnung verdeutlicht die Fahrtrichtung **5**. Das von einer Kurbelwelle **6** erzeugte Moment stützt sich auf der einen Seite über die Reibkraft zwischen Antriebsrädern und Fahrbahn und auf der anderen Seite aufgrund des Kräftegleichgewichts am Motorgehäuse **1** ab. Durch die Motorlagerung **3**, beispielsweise Elastormotorlagerung, kommt es zu einer Drehbewegung des Motors in Richtung des Pfeils A um einen konstruktiv bedingten Drehpunkt **7**. Diese Drehung beträgt nur wenige Grad und kann deshalb näherungsweise an einer Zylinderkopfhabe als horizontale Bewegung in Richtung des Pfeils B definiert und durch einen Motorwegsensor **8** gemessen werden. Der Motorwegsensor **8** ist beispielsweise ein Seilzugpotentiometer, oder auch Positionssensor genannt, und fest an einem Radhaus im Motorraum befestigt. Des Seilende ist beispielsweise am Rail der Einspritzventile befestigt. Mit dem Motorwegsensor **8** kann die Relativbewegung zwischen Motor und Fahrzeug bestimmt werden.

[0050] In Fig. 2 ist ein Diagramm eines Lastwechselvorgangs bezogen auf eine Zeit t und eine Wegstrecke s dargestellt. Die Fig. 3 und Fig. 4 zeigen jeweils einen Ausschnitt des Diagramms aus Fig. 2.

[0051] Während des in den Fig. 2 bis Fig. 4 dargestellten Lastwechsels wird die Gangwahl, d. h. die Übersetzung eines Getriebes, nicht verändert. Für des erfindungsgemäße Verfahren wird der Bewegungsweg, d. h. die Schwingung, eines Motors anhand eines Motorwegensors **8** gemessen.

[0052] Weiterhin wird ein Pedalweg eines Fahrpedals mittels eines Pedalwertgebers oder Fahrzeugsensors gemessen und in einem Steuergerät hinterlegt. Über ein im Steuergerät hinterlegtes Pedalweg-Kennfeld, welches ein Modell ist, wird anhand des gemessenen Pedalweges ein modelliertes Wunsch-Motormoment ermittelt. Aus dem modellierten Wunsch-Motormoment, der Getriebeübersetzung, der Übersetzung des Achsgetriebes, dem Wirkungsgrad des Antriebstrangs, dem Radradius und der Steifigkeit, d. h. Verhältnis von Antriebskraft zum stationären Motorweg, wird ein modellierter Wunsch-Motorweg **10** errechnet. Die zugehörige Formel für den modellierten Wunsch-Motorweg **10** lautet:

mod. Wunsch-Motorweg =

$$\frac{\text{mod. Wunsch-Motormoment} \cdot \text{Getriebeübers.} \cdot \text{Achsgetriebeübers.} \cdot \text{Wirkungsgrad Antriebstrang}}{\text{Radradius} \cdot \text{Steifigkeit}}$$

[0053] Der modellierte Wunsch-Motorweg **10** steht in Zusammenhang zur Fahrpedalbewegung und damit zum Fahrerwunsch.

[0054] Zudem kann ein Kupplungsmoment, das kein direkter Messwert ist, sondern im Steuergerät als Modell hinterlegt ist, als modelliertes Ist-Motormoment errechnet werden. Analog zur Berechnung des modellierten Wunsch-Motorweges **10** kann ein modellierter Ist-Motorweg **11** durch eine Ersetzung des modellierten Wunsch-Motormoments durch das modellierte Ist-Motormoment berechnet werden.

[0055] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird bezogen auf die Zeit t der Verlauf des gemessenen Motorweges **9** und des modellierten Wunsch-Motorweges **10** verglichen und anhand von Parameter der Lastwechsel quantifiziert.

[0056] Der Lastwechsel beginnt zum Zeitpunkt t_0 . Vor dem Zeitpunkt t_0 ist die Schwingung des Motors ausgeglichen oder vernachlässigbar, d. h. es liegt eine Unterschreitung eines vorgegebenen Grenzwertes vor. Ab dem Zeitpunkt t_0 wird der Pedalweg größer und die Schwingung des Motors nimmt zu, so dass der vorgegebene Grenzwert überschritten wird. Eine relevante Veränderung des Pedalweges kann an Kriterien geknüpft werden, so dass nur die Veränderungen des Pedalweges gemessen werden, bei denen der Fahrer ein höheres Motormoment anfordert. Mögliche Kriterien hierfür können eine prozentuale Veränderung des Pedalweges innerhalb eines Zeitfensters sein.

[0057] Als Grenzwert für die Schwingung des Motors kann der absolute Abstand d zwischen einem lokalen Maximum I_{\max} des gemessenen Motorweges **9** und dem direkt vorangegangenen oder nachfolgenden loka-

len Minimums I_{\min} herangezogen werden. Sobald der Abstand d kleiner oder gleich dem Grenzwert ist, gilt die Schwingung des Motors als ausgeklungen. Ein Maß für den Grenzwert ist die Amplitudenüberhöhung. Die Differenz zwischen dem modellierten Wunsch-Motorweg **10** und der maximalen Amplitudenhöhe des gemessenen Motorweges **9**, d. h. der Maximalwert der ersten Schwingungsamplitude des Motors, ergibt die Amplitudenüberhöhung.

[0058] Der gemessene Motorweg **9** wird zuerst kleiner bis zum ersten lokalen Minimum $I_{\min 1}$, welches bei der Strecke s_0 liegt, und wird dann größer bis zum ersten Maximum $I_{\max 1}$, welches bei der Strecke s_4 liegt. Dieser anfängliche Verlauf des gemessenen Motorweges **9** entspricht einem Volllastsprung aus dem Schub in den Zugbetrieb des Motors.

[0059] Zum Zeitpunkt t_1 und der Strecke s_2 liegt ein erster Schnittpunkt Sp_1 von dem gemessenen Motorweg **9**, dem modellierten Wunsch-Motorweg **10** vor.

[0060] Des Ende des Lastwechsels liegt zum Zeitpunkt t_4 vor, wenn der Abstand d des lokalen Maximums $I_{\max 3}$ und des vorhergehenden lokalen Minimums $I_{\min 3}$ des gemessenen Motorweges **9** einen vorgegebenen Abstand unterschreitet oder der Pedalweg rückläufig ist.

[0061] In Fig. 3 ist der Verlauf des gemessenen Motorweges **9** bis zum ersten Schnittpunkt Sp_1 und der Verlauf des modellierten Wunsch-Motorweges **10** bis zum Punkt P2 dargestellt. Die Fläche F1 wird durch den Abschnitt des gemessenen Motorweges **9** und den Abschnitt des modellierten Wunsch-Motorweges **10** gebildet. Die Fläche F2 wird nach links und oben durch den Abschnitt des modellierten Wunsch-Motorweges **10** zwischen dem Zeitpunkt t_0 und dem Punkt P2 begrenzt. Die rechtsseitige Begrenzung der Fläche F2 ist identisch mit der linksseitigen bis zum Punkt P1 und wird mit einem Abstand auf den Zeitpunkt t_3 , beispielsweise eine Sekunde, neu angesetzt. Der Punkt P1 entspricht einem Zeitpunkt, an dem eine Änderung, d. h. der Gradient, des modellierten Wunsch-Motormoments einen zu definierenden Schwellwert unterschreitet.

[0062] Des Verhältnis zwischen dem Flächeninhalt der Fläche F1 zu dem Flächeninhalt der Fläche F2 ergibt den Parameter der Agilität. Die Fläche F2 stellt die Referenzfläche für den Parameter der Agilität dar. Die zeitliche Ausdehnung der Fläche F2 kann zwischen dem Zeitpunkt t_1 und t_4 variiert werden, so dass der Zeitpunkt t_3 auch mit t_1 oder mit t_4 zusammenfallen kann. Für die Referenzfläche wird der modellierte Wunsch-Motorweg **10** ausgewählt, da dieser einen direkten Zusammenhang zur Fahrpedalbewegung und damit zum Fahrzeugführer und dessen Agilitätsempfinden für des Fahrzeug aufweist.

[0063] In Fig. 4 ist der Verlauf des gemessenen Motorwegs **9** vom ersten Schnittpunkt Sp_1 , der ersten Übereinstimmung bezüglich Zeitpunkt t_1 und Strecke s_2 zwischen dem gemessenen Motorweg **9** und dem modellierten Wunsch-Motorweg **10**, bis zum Zeitpunkt t_4 , dem Ende des Lastwechsels, dargestellt. Der Verlauf des modellierten Ist-Motorwegs **11** ist ebenfalls vom Zeitpunkt t_1 bis zum Zeitpunkt t_4 dargestellt.

[0064] Die Flächen F3 bis F7 werden zwischen dem Verlauf des gemessenen Motorweges **9** und des modellierten Ist-Motorweges **11** gebildet, wobei die Fläche F3 zwischen dem Schnittpunkt Sp_1 und dem Schnittpunkt Sp_2 , die Fläche F4 zwischen dem Schnittpunkt Sp_2 und dem Schnittpunkt Sp_3 , die Fläche F5 zwischen dem Schnittpunkt Sp_3 und dem Schnittpunkt Sp_4 , die Fläche F6 zwischen dem Schnittpunkt Sp_4 und dem Schnittpunkt Sp_5 und die Fläche F7 zwischen dem Schnittpunkt Sp_5 und dem Zeitpunkt t_4 gebildet werden. Je größer die Inhalte der Flächen F3 bis F7 sind, desto größer ist die Abweichung zwischen dem gemessenen Motorweg **9** und dem modellierten Ist-Motorweg **11** und somit die Schwingung des Motors.

[0065] Die Fläche F8 erstreckt sich zwischen s_1 , der Strecke des zweiten lokalen Minimums $I_{\min 2}$, und der Strecke s_3 sowie dem Zeitpunkt t_1 und dem Zeitpunkt t_2 . Die Strecke zwischen s_1 und s_3 entspricht einem maximalen Motorweg **12**, wobei der maximale Motorweg **12** aus dem maximalen Motormoment des Motors errechnet wird. Des maximale Motormoment ist ein fahrzeugspezifischer Wert, der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht ermittelt wird, jedoch kann das maximale Motormoment ebenfalls in einem Versuch ermittelt werden. Die Berechnung des maximalen Motorweges **12** erfolgt analog zum modellierten Wunsch-Motorweg **10** mit der Maßgabe, dass anstatt des modellierten Wunsch-Motormoments des maximale Motormoment herangezogen wird.

[0066] Bei der Berechnung des maximalen Motorweges **12** wird unter anderem die Getriebeübersetzung der Gangstufe hinzugezogen, so dass mit steigender Gangstufe der maximale Motorweg **12** kleiner wird. Dieser Zusammenhang ist gewollt, da sich in höheren Gängen gleichzeitig die Frequenz erhöht und die Amplitudenüberhöhung der Ruckel- und damit der Motorschwingung verringert.

[0067] Das Verhältnis der Summe der Flächeninhalte der Flächen F3 bis F7 zu dem Flächeninhalt der Fläche F8 ergibt den Parameter des Komforts. Die zeitliche Ausdehnung der Fläche F8, die die Referenzfläche für den Parameter des Komforts darstellt, kann zwischen dem Zeitpunkt t_1 und dem Zeitpunkt t_4 variiert werden, wobei bei einem Zusammenfallen von t_1 und t_3 keine Fläche F8 gebildet wird, so dass t_3 nicht mit t_1 zusammenfallen darf.

[0068] Je geringer die Summe der Inhalte der Flächen F3 bis F7 zu dem Inhalt der Fläche F8 ist, desto komfortabler ist der Motor und somit das Fahrzeug.

[0069] In Fig. 5 ist der Verlauf des gemessenen Motorwegs **9** vom ersten Schnittpunkt Sp1, der ersten Übereinstimmung bezüglich Zeitpunkt t_1 und Strecke s_2 zwischen dem gemessenen Motorweg **9** und dem modellierten Wunsch-Motorweg **10**, bis zum Zeitpunkt t_4 , dem Ende des Lastwechsels, dargestellt. Der Verlauf des modellierten Ist-Motorwegs **11** ist ebenfalls vom Zeitpunkt t_1 bis zum Zeitpunkt t_4 dargestellt.

[0070] Die Fläche F8 erstreckt sich zwischen s_1 , der Strecke des zweiten lokalen Minimums I_{min2} , und dem Verlauf des modellierten Ist-Motorwegs **11** sowie dem Zeitpunkt t_1 und dem Zeitpunkt t_2 .

[0071] In Fig. 6 ist der Verlauf des gemessenen Motorwegs **9** vom ersten Schnittpunkt Sp1, der ersten Übereinstimmung bezüglich Zeitpunkt t_1 und Strecke s_2 zwischen dem gemessenen Motorweg **9** und dem modellierten Wunsch-Motorweg **10**, bis zum Zeitpunkt t_4 , dem Ende des Lastwechsels, dargestellt. Der Verlauf des modellierten Wunsch-Motorwegs **10** ist ebenfalls vom Zeitpunkt t_1 bis zum Zeitpunkt t_4 dargestellt.

[0072] Die Fläche F8 erstreckt sich zwischen s_1 , der Strecke des zweiten lokalen Minimums I_{min2} , und dem Verlauf des modellierten Wunsch-Motorwegs **10** sowie dem Zeitpunkt t_1 und dem Zeitpunkt t_2 .

[0073] Um die Parameter Agilität und Komfort vergleichbar, beispielsweise zwischen verschiedenen Gängen oder unterschiedlichen Fahrzeugen, zu machen, darf nicht nur der absolute Flächeninhalt aus der Abweichung von modelliertem Wunsch-Motorweg **10** und gemessenem Motorweg **9** bzw. modelliertem Ist-Motorweg **11** und gemessenem Motorweg **9**, Fläche F1 bei der Agilität oder Fläche F3 bis F7 beim Komfort, betrachtet werden. Die Abweichung muss daher ins Verhältnis zu einer gleichbleibenden Referenzfläche, Fläche F2 bei der Agilität oder Fläche F8 beim Komfort, gesetzt werden.

[0074] Da bei obiger Formel die Getriebeübersetzung der Gangstufe mit eingeht, folgt, dass sich die Referenzfläche, Fläche F2 bei der Agilität oder Fläche F8 beim Komfort, mit steigender Gangstufe verringert, d. h. die Referenzfläche beim ersten Gang ist größer im Vergleich zum zweiten Gang. Dieser Zusammenhang ist gewollt, da sich in steigenden Gangstufen gleichzeitig die Frequenz erhöht und die Amplitudenüberhöhung verringert.

[0075] Die Berechnung der Flächen F1 bis F8 kann beispielsweise anhand der Werte, d. h. der Wegstrecken, erfolgen. Je geringer der zeitliche Abstand zwischen zwei Werten ist, desto höher ist die Genauigkeit. Beispielsweise kann die Berechnung der Flächen F1 bis F8 durch Aufsummieren der Werte erfolgen. Theoretisch müsste das Summenergebnis für die Flächenberechnung noch mit diesem zeitlichen Abstand zweier Werte multipliziert werden. Dies ist aber nicht erforderlich, da der zeitliche Abstand bei den Flächen F1 und F2 bzw. F3 bis F8 identisch ist und die Fläche F1 zu der Fläche F2 ins Verhältnis zueinander gebracht wird, bzw. die Summe der Flächen F3 bis F7 ins Verhältnis zu der Fläche F8 zueinander gebracht wird.

Bezugszeichenliste

1	Motorgehäuse
2	Pendelstütze
3	Motorlagerung
4	Fahrzeugchassis
5	Fahrtrichtung
6	Kurbelwelle
7	Drehpunkt
8	Motorwegsensoren
9	gemessener Motorweg
10	modellierter Wunsch-Motorweg
11	modellierter Ist-Motorweg
12	maximaler Motorweg

A	Pfeil
B	Pfeil
d	Abstand
F1	Fläche
F2	Fläche
F3	Fläche
F4	Fläche
F5	Fläche
F6	Fläche
F7	Fläche
F8	Fläche
lmax1	lokales Maximum
lmax2	lokales Maximum
lmax3	lokales Maximum
lmin1	lokales Minimum
lmin2	lokales Minimum
lmin3	lokales Minimum
P1	Punkt
P2	Punkt
s	Wegstrecke
s₀	Strecke
s₁	Strecke
s₂	Strecke
s₃	Strecke
s₄	Strecke
Sp1	Schnittpunkt
Sp2	Schnittpunkt
Sp3	Schnittpunkt
Sp4	Schnittpunkt
Sp5	Schnittpunkt
t	Zeit
t₀	Zeitpunkt
t₁	Zeitpunkt
t₂	Zeitpunkt
t₃	Zeitpunkt
t₄	Zeitpunkt

Patentansprüche

1. Verfahren zur Quantifizierung des Verhaltens eines Lastwechsels eines Motors, wobei der Lastwechsel anhand von zwei Parametern beschrieben wird, wobei der erste Parameter die Agilität ist, wobei die Agilität in Abhängigkeit des Verlaufes eines gemessenen Motorweges (**9**), der aus einer Motorverlagerung während des Lastwechsels resultiert, (**9**) und eines modellierter Wunsch-Motorweges (**10**) bestimmt wird, wobei der zweite Parameter der Komfort ist, wobei der Komfort in Abhängigkeit des Verlaufes des gemessenen Motorweges (**9**) und des modellierten Wunsch-Motorweges (**10**) oder in Abhängigkeit des Verlaufes des gemessenen Motorweges (**9**) und eines modellierten Ist-Motorweges (**11**) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass während eines Lastwechsels zwischen einem Zeitpunkt (t_0) und einem Zeitpunkt (t_4) der Motorweg (**9**) und ein Pedalweg gemessen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Pedalweg der modellierte Wunsch-Motorweg (**10**) generiert wird.
4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Agilität anhand der Relation zwischen dem Verlauf des gemessenen Motorwegs (**9**) und dem Verlauf des modellierten Wunsch-Motorwegs (**10**) zwischen dem Zeitpunkt (t_0), dem Beginn des Lastwechsels, und dem Zeitpunkt (t_1), einer erster Übereinstimmung bezüglich Zeitpunkt (t_1) und Strecke (s_2) zwischen dem gemessenen Motorweg (**9**) und dem modellierten Wunsch-Motorweg (**10**), bestimmt wird.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Komfort anhand der Relation zwischen dem Verlauf des gemessenen Motorwegs (**9**) und dem Verlauf des modellierten Wunsch-Motorwegs (**10**) zwischen dem Zeitpunkt (t_1), der ersten Übereinstimmung bezüglich Zeitpunkt (t_1) und Strecke (s_2) zwischen dem gemessenen Motorweg (**9**) und dem modellierten Wunsch-Motorweg (**10**), und dem Zeitpunkt (t_4), dem Ende des Lastwechsels, bestimmt wird.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Komfort anhand der Relation zwischen dem Verlauf des gemessenen Motorwegs (**9**) und dem Verlauf eines modellierten Ist-Motorwegs (**11**), der aus einem modellierten Ist-Motormoment generierbar ist, zwischen dem Zeitpunkt (t_1), der ersten Übereinstimmung bezüglich Zeitpunkt (t_1) und Strecke (s_2) zwischen dem gemessenen Motorweg (**9**) und dem modellierten Ist-Motorweg (**11**), und dem Zeitpunkt (t_4), dem Ende des Lastwechsels, bestimmt wird.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Komfort anhand der Relation zwischen dem Verlauf des gemessenen Motorwegs (**9**), dem Verlauf des modellierten Wunsch-Motorwegs (**10**) und einem maximalen Motorweg (**12**), der aus einem maximalen Motormoment generierbar ist, zwischen dem Zeitpunkt (t_1), der ersten Übereinstimmung bezüglich Zeitpunkt (t_1) und Strecke (s_2) zwischen dem gemessenen Motorweg (**9**) und dem modellierten Wunsch-Motorweg (**10**), und dem Zeitpunkt (t_4), dem Ende des Lastwechsels, bestimmt wird.

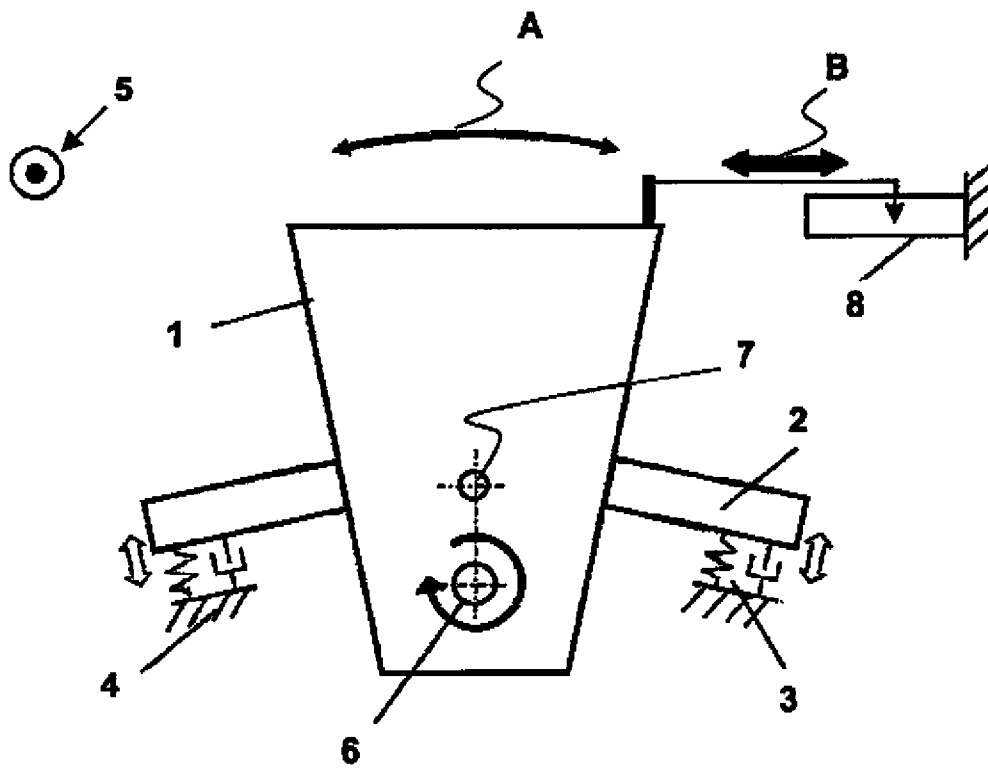
8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Komfort anhand der Relation zwischen dem Verlauf des gemessenen Motorwegs (**9**), dem Verlauf eines modellierten Ist-Motorwegs (**11**), der aus einem modellierten Ist-Motormoment generierbar ist, und einem maximalen Motorweg (**12**), der aus einem maximalen Motormoment generierbar ist, zwischen dem Zeitpunkt (t_1), der ersten Übereinstimmung bezüglich Zeitpunkt (t_1) und Strecke (s_2) zwischen dem gemessenen Motorweg (**9**) und dem modellierten Ist-Motorweg (**11**), und dem Zeitpunkt (t_4), dem Ende des Lastwechsels, bestimmt wird.

9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerung des Motors anhand der Parameter Agilität und Komfort abstimmbar ist.

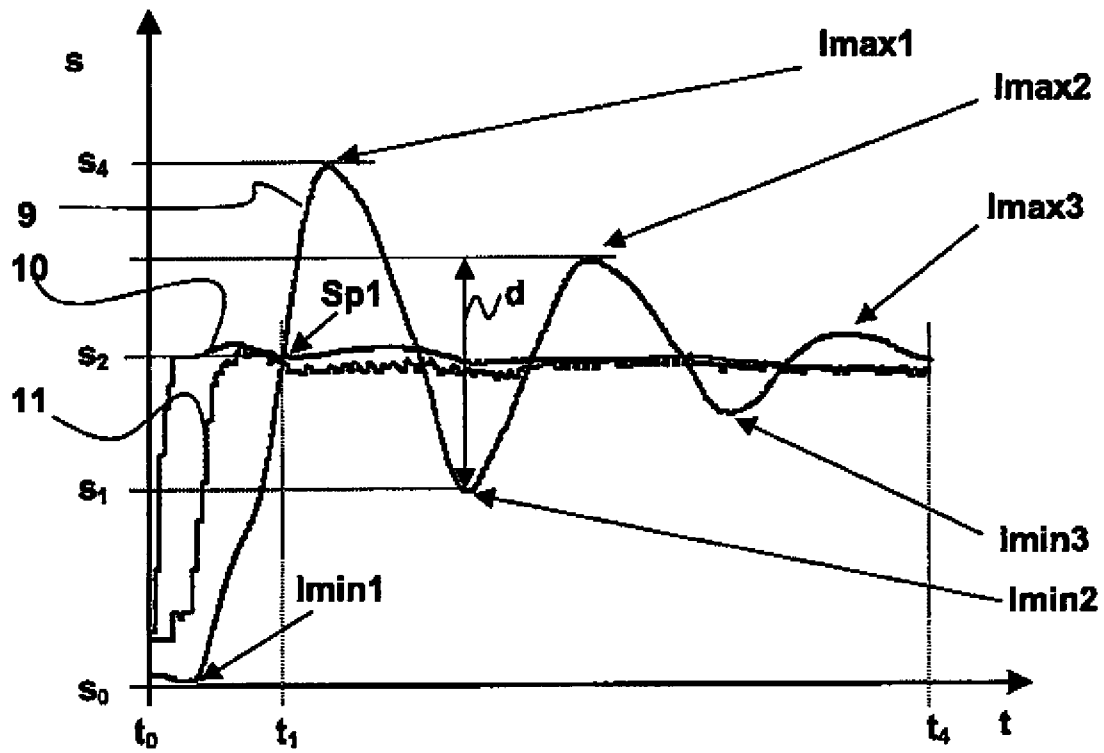
10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das im Steuergerät enthaltene Modell des Motors anhand des gemessenen Motorweges (**9**) überprüfbar und anpassbar ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

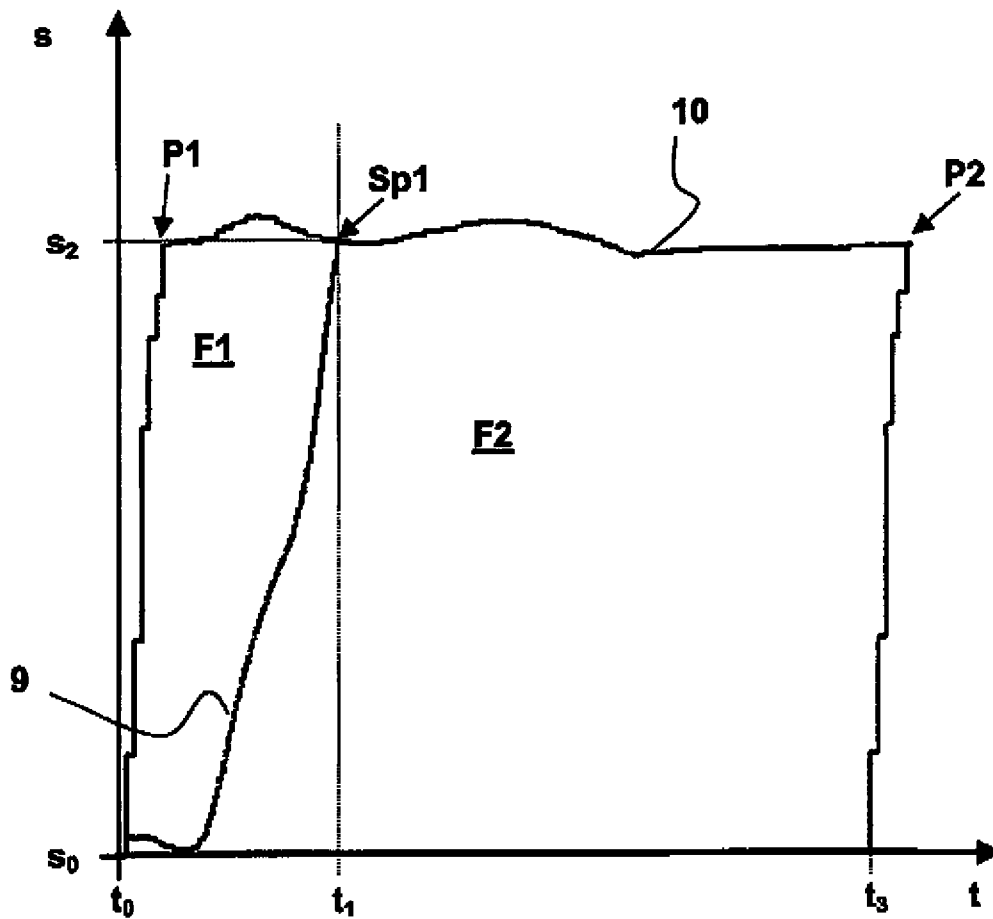
Anhängende Zeichnungen



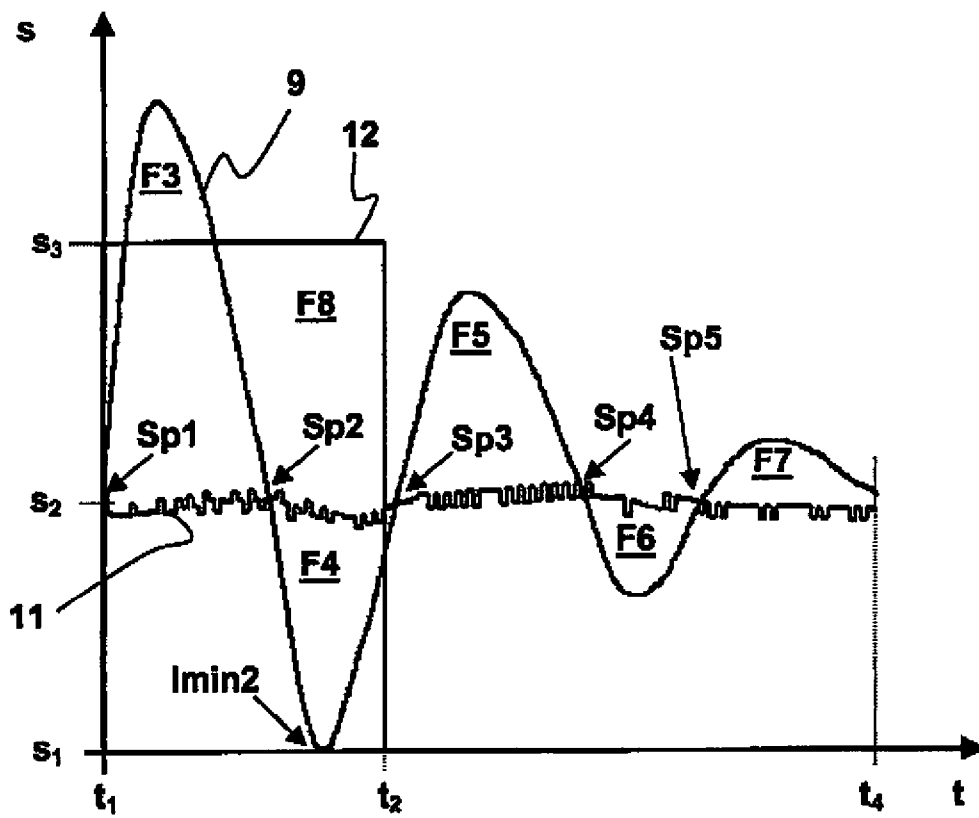
Figur 1



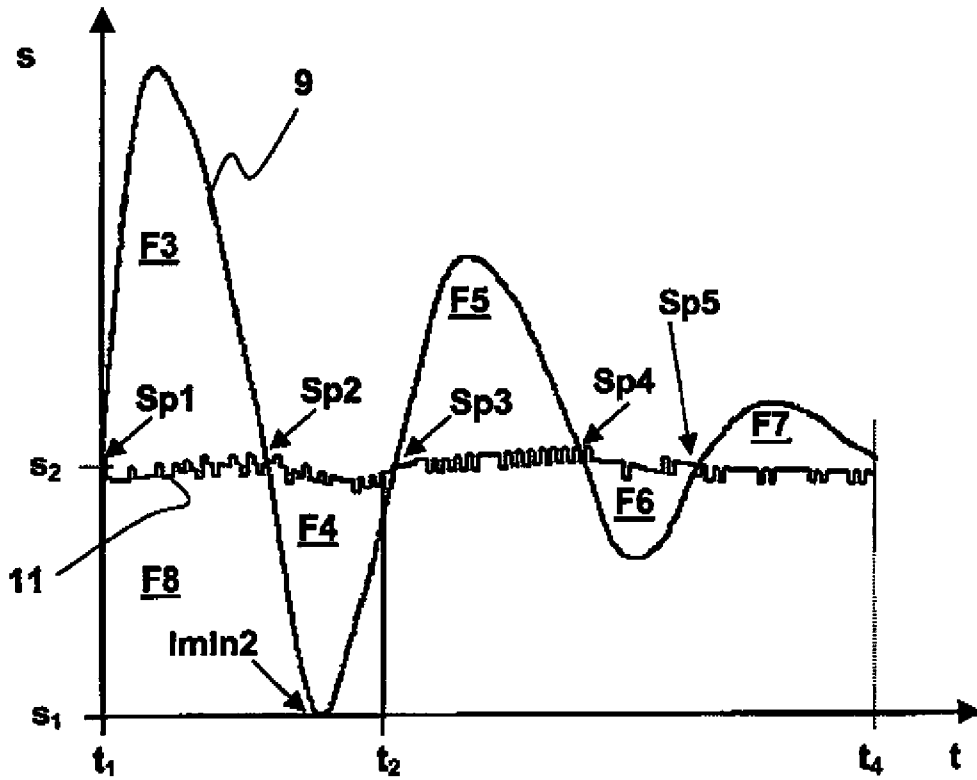
Figur 2



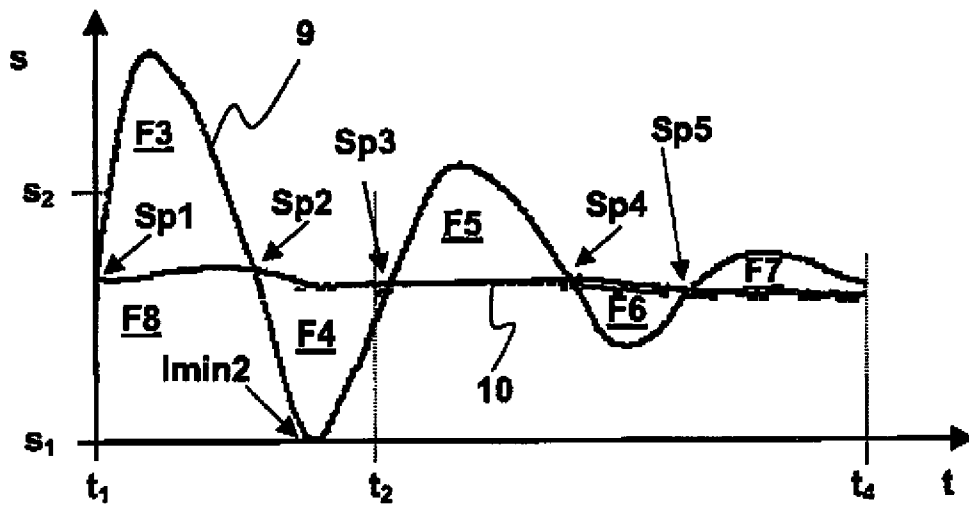
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 6